

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____ П. Плешков

“ ____ ” _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ
на тему:
«Розробка системи електроспоживання та енергозбереження
корпусу №90 АТ «Ельворті»
Development of the power consumption and energy saving system of
building No. 90 of JSC "Elworthy"»**

Виконав здобувач IV курсу групи ЕЕ-19-3ПЗ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ В.Бруєв

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проекту
професор, канд. техн. наук

_____ П.Плешков

« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Плешков П.Г.

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ Бруєва Вадима Вікторовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка системи електроспоживання**
та енергозбереження корпусу №90 АТ «Ельворті»

2. Керівник роботи (проекту) Плешков Петро Григорович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 5.06.2023 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) _____
Вступ; Коротка характеристика технологічного процесу підприємства;
Розрахунок електричних навантажень; Картограма ел.х навантажень та місце
розташування ЦРП (головної знижувальної підстанції); Вибір напруги і
електричних схем зовнішнього та внутрішнього ел. постачання; Режими
реактивної потужності системи ел. постачання; Трансформаторні підстанції;
Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного обладнання і
високовольтних мереж системи ел. постачання ; Розробка системи
електрозбереження корпусу 90 АТ «Ельворті»; Висновки

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ; Коротка характеристика технологічного процесу підприємства</i>	1.05.23	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	5.05.23	
3	<i>Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції)</i>	9.05.23	
4	<i>Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання</i>	12.05.23	
5	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	16. 05.23	
6	<i>Трансформаторні підстанції</i>	19. 05.23	
7	<i>Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного обладнання і високовольтних мереж системи електропостачання</i>	22. 05.23	
	<i>Розробка системи електрозбереження корпусу 90 АТ «Ельворті»</i>	25. 05.23	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки ВКР</i>	29. 05.23	
9	<i>Оформлення презентаційної частини ВКР</i>	31. 05.23	

Дата видачі завдання
Підпис керівника _____

« ____ » _____ 2023р.

Завдання прийнято до виконання
Підпис здобувача _____

« ____ » _____ 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 67 с.; 10 рис.; 23 табл.; 8 джерел

Бруєв В.В. Розробка системи електроспоживання та енергозбереження корпусу №90 АТ «Ельворті» – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи електроспоживання та енергозбереження корпусу №90 АТ «Ельворті». Проведено проектування, яке відповідає вимогам економічності та надійності функціонування енергосистеми. В роботі проведено вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання станції, трансформаторних підстанцій та конденсаторних установок.

В спеціальному розділі проведена розробка системи електрозбереження корпусу 90 АТ «Ельворті» та запропоновано організаційно-методичні та технічні заходи по економії електроенергії на підприємстві. Особливу увагу приділено заходам енергозбереження в промисловому електроприводі.

Ключові слова: електричні навантаження, конденсаторні установки, високовольтне обладнання, енергозбереження, заходи по економії в електродвигунах.

ABSTRACT

Qualification work: 67 p.; Fig. 10; 23 tables; 8 sources

Bruev V.V. Development of the power consumption and energy saving system of building No. 90 of JSC "Elworthy" - Manuscript.

Qualification work on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electrotechnical systems of electricity consumption". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The qualification work is devoted to the development of the power consumption and energy saving system of building No. 90 of Elworthy JSC. Designing has been carried out that meets the requirements of economy and reliability of power system operation. In the work, a selection of external and internal power supply schemes of the station, transformer substations and condenser units was made.

In a special section, the development of the power saving system of building 90 of JSC "Elworthy" was carried out, and organizational, methodical and technical measures to save electricity at the enterprise were proposed. Special attention is paid to energy saving measures in the industrial electric drive.

Keywords: electric loads, capacitor units, high-voltage equipment, energy saving, measures to save money in electric motors.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
2	РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	9
2.1.	Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В.....	9
2.2	Розрахунок освітлювальних навантажень.....	15
2.3.	Розрахунок електричних навантажень силових мережах вище 1000 В.....	17
2.4.	Побудова графіків електричних навантажень підприємства.....	21
3.	КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ (ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ).....	25
4.	ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	26
4.1.	Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	26
4.2.	Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання.....	32
5.	РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	34
5.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації	34
5.2.	Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв	37

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				
Зм.	Арк.	Н докум.	Підпис	Дата					
Розроб		Бруєв В.В.			Розробка системи електроспоживання та енергозбереження корпусу №90 АТ «Ельворті»				Ар
Перевіри		Плєшков П.П.							
Н.контр.									
Затв.									
					ЦНТУ, гр.ЕЕ-19ПЗ				

6.	ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ	40
6.1.	Вибір кількості та потужності трансформаторів, та місця розташування цехових підстанцій (ТП).....	40
6.2.	Компоновка та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій.....	41
7.	РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	43
7.1.	Розрахунок струмів короткого замикання.....	43
7.2.	Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.....	44
7.3.	Вибір електрообладнання	45
8	РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ КОРПУСУ 90 АТ «ЕЛЬВОРТІ».....	49
8.1	Організаційно-методичні заходи по економії електроенергії на підприємстві	49
8.2	Облік і контроль електроенергії.....	52
8.3	Нормування витрат енергії	53
8.4	Енергетичні баланси	55
8.5	Енергетичний менеджмент	57
8.6	Енергетичний аудит.....	57
8.7.	Економічне стимулювання раціонального використання електроенергії на підприємстві.....	59
8.8	Заходи енергозбереження в промисловому електроприводі.....	59
	ВИСНОВКИ.....	65
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Електропостачання підприємств є важливою складовою інфраструктури для функціонування бізнесу у сучасному світі. Воно забезпечує електроенергією всі електричні прилади, машини та системи на підприємствах, що дозволяє їм працювати ефективно та забезпечувати виробничі потреби.

Електропостачання підприємств може здійснюватися через різні джерела енергії, а саме: електромережа, де енергія постачається від електростанцій; автономні джерела енергії, такі як дизельні генератори або вітрогенератори, щоб забезпечити незалежність від громадської електричної мережі або як резервні джерела енергії у разі відмови основного джерела; альтернативні джерела енергії, такі як сонячні панелі або геотермальна енергія, щоб зменшити свою залежність від традиційних джерел енергії та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Для забезпечення електропостачання підприємств необхідна електромережа, що включає в себе трансформатори, лінії передачі, підстанції та розподільні пристрої. Крім того, система електропостачання підприємства може включати в себе автоматичні системи керування, резервні джерела енергії для забезпечення безперебійності роботи та системи моніторингу енергоспоживання для ефективного управління енергетичними ресурсами.

На сучасних підприємствах зазвичай існують також заходи щодо енергоефективності, спрямовані на зниження споживання енергії та впливу на навколишнє середовище. Це може включати використання енергоефективного обладнання, оптимізацію режимів роботи, установку систем енергозбереження та енергомоніторингу.

В даній кваліфікаційній роботі розроблено систему електроспоживання та енергозбереження корпусу №90 АТ «Ельворті».

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДПРИЄМСТВА

АТ "Ельворті" є машинобудівним підприємством, спеціалізованим у виробництві сільськогосподарської техніки та товарів народного вжитку. Вони виготовляють сівалки, жатки, культиватори, навантажувачі, самохідні косарки, зчіпки для двохсівалкових агрегатів, пральні машини, причепи для легкових автомобілів, ручний ґрунтообробний інструмент та інше. Підприємство забезпечує високу якість своєї продукції, постійно впроваджує нові моделі сільськогосподарської техніки та збільшує обсяги виробництва.

Ведуча роль АТ "Ельворті" у задоволенні потреб сільськогосподарської галузі базується на впровадженні нових технологій вирощування сільськогосподарських культур, розробці універсальних моделей техніки, використанні сучасних комп'ютерних систем проектування та постійному вдосконаленні технологій виробництва.

У машинобудівних верстатах АТ "Ельворті" використовуються приводи з середньою потужністю від 5 до 45 кВт. Більшість верстатів працюють на тиристорних електроприводах та використовують змінний струм з напругою 380 В і частотою 50 Гц. Відповідно до надійності електропостачання, більшість верстатів відноситься до споживачів II категорії.

АТ "Ельворті" також виробляє сільськогосподарську техніку різного призначення, таку як жатки типу ЖВП-9, ЖВН-6, культиватори КРН-5,6, КПС-4, сівалки СЗС-3,6, СУПН-8, ССТ-12Б для агропромислових підприємств.

Корпус №90 є структурним підрозділом АТ "Ельворті" і отримує електропостачання від підстанції ГПП2, розташованої на відстані 0,52 км від корпусу.

У механоскладальному цеху використовується дугове зварювання. Потужність зварювальних трансформаторів для ручного зварювання коливається від 9 до 32 кВт, а для автоматичного зварювання під флюсом

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовуються трифазні установки потужністю від 14 до 550 кВА. В заготівельно-пресовому цеху використовуються преси з приводами потужністю від 9,5 до 120 кВт, а також механічні пили та гелютинні ножиці потужністю від 5 до 40 кВт.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Обчислення розрахункових електричних навантажень електроприймачів корпусу виконується у відповідності з методом упорядкованих діаграм та згідно методиці [3].

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В

Розрахунок силових навантажень в мережах напругою до 1000 В виконується в наступному порядку:

- а) В розрахунковому вузлі проводять сумування кількості силових електроприймачів і їх номінальних потужностей.
- б) Середні активні і реактивні навантаження робочих електроприймачів сумуються.
- в) Груповий коефіцієнт використання та середньозважений коефіцієнт потужності визначаються.
- г) Ефективна кількість електроприймачів вузла визначається.
- д) Коефіцієнт максимуму та максимальне електричне навантаження силових електроприймачів знаходяться за допомогою кривих або таблиць.
- е) При наявності приймачів у вузлі з постійним графіком визначається сумарна номінальна потужність і середнє навантаження.
- ж) Розрахункове силове навантаження по вузлу визначається шляхом сумування розрахункових навантажень електроприймачів зі змінним графіком та середніх навантажень електроприймачів з постійним графіком.

Розрахунок електричних навантажень корпусу напругою до 1000 В приведено в таблиці 2.1.

						Арк. 9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Розрахунок електричних навантажень корпусу мережі напругою до 1000 В

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел.споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	K _в	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну, кВт		n _{еф}	K _м	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного	Сум.					P _{ср}	Q _{ср}			P _р	Q _р	S _р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Заготівельно-пресовий цех №23														
	Ділянка різки металу														
	Гельотинні ножиці 3,5	3	7,5 - 8	23	1	0,3	0,7	1,169	5,6	6,6					
	Гел. ножиці 6,3 мм	2	15	30	1	0,3	0,6	1,333	7,5	10,0					
	Гел. ножиці 12 мм	1	18	18	1	0,2	0,7	1,169	3,6	4,2					
	Гел. ножиці 16 мм	2	22	44	1	0,2	0,6	1,333	8,8	11,7					
	Гел. ножиці 25 мм	1	40	40	1	0,2	0,6	1,333	8,0	10,7					
	Всього по ділянці	9	7,5 - 40	155	5	0,2	0,6	1,288	33,5	43,2	8	1,89	63	48	79
	Ділянка різки труб														
	Пили Геллера	5	22	110	1	0,2	0,7	1,169	22,0	25,7					
	Механічні пили	4	8	32	1	0,2	0,7	1,169	6,0	7,0					
	Образивна різка	2	7,5	15	1	0,3	0,6	1,333	3,8	5,0					
	Прес Толедо 35 т	1	13	13	1	0,3	0,7	1,169	3,1	3,7					
	Прес 63 т	1	11	11	1	0,2	0,7	1,169	2,1	2,5					
	Всього по ділянці	13	7,5 - 22	178	3	0,2	0,6	1,186	37,0	43,8	13	1,68	62	44	76
	Енергоділянка														
	Токарний верстат	1	7,5	7,5	1	0,1	0,5	1,732	1,0	1,7					
	Сверлильний верстат	1	6	6	1	0,1	0,5	1,732	0,7	1,2					
	Точильно-абразивний в.	1	7,5	7,5	1	0,1	0,5	1,732	1,0	1,7					
	Всього по ділянці	3	6 - 7,5	21	1,3	0,1	0,5	1,732	2,7	4,6	1	2,20	6	5	8

Продовження таблиці 2.1.															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ШІХ														
	Фрезерний верстат	3	12,5	37,5	1	0,2	0,5	1,732	6,8	11,7					
	Токарний верстат	3	7,5	22,5	1	0,2	0,7	1,169	4,1	4,7					
	Круглошліфовальний в.	1	2,2	2,2	1	0,2	0,7	1,169	0,4	0,5					
	Шліфовальний верстат	2	5,5	11	1	0,2	0,6	1,333	2,0	2,6					
	Всього по ШІХ	9	2,2 - 12,5	73	6	0,2	0,6	1,482	13,2	19,5	9	1,93	25	21	33
	Ремонтна бригада														
	Токарний верстат	3	7,5 - 22	37	3	0,1	0,5	1,732	4,8	8,3					
	Довбаючий верстат	1	7,5	7,5	1	0,1	0,5	1,732	1,0	1,7					
	Вертикально-фрезерний	1	13	12,5	1	0,1	0,5	1,732	1,6	2,8					
	Радіально сверлильний	2	19	38	1	11	1	0,1	0,5	1,732					
	Заточний верстат	2	5,5						1,3	2,3					
	Всього по ділянці	9	5,5 - 22	105	4	0,1	0,5	1,732	13,2	22,8	9	2,2	28	25	38
	Ділянка середніх пресів														
	Преси 40 т	4	9,5	38	1	0,2	0,7	1,169	7,6	8,9					
	Преси 63 т	13	13	163	1	0,2	0,7	1,078	32,5	35,0					
	Преси 100 т	8	19	148	1	0,2	0,7	1,169	29,6	34,6					
	Преси 160 т	4	22	88	1	0,1	0,7	1,169	10,6	12,3					
	Преси 250 т	2	24	48	1	0,1	0,7	1,169	5,8	6,7					
	Прес 400 т	1	40	40	1	0,1	0,7	1,169	4,8	5,6					
	Прес листоштамповий	2	45	90	1	0,2	0,7	1,169	18,0	21,0					
	Галтовоч. барабан	2	40	80	1	0,2	0,7	1,142	108,8	124,3					
	Всього по ділянці	36	9,5	694,5	1	0,3	0,7	1,142	218	248,5	36	1,3	278	249	373

Зм			Продовження таблиці 2.1.																
Арк			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
№ докум.				Ділянка великих пресів															
				Преси 250 т		4	24	96	1	0,2	0,7	1,169	19,2	22,4					
				Преси 400 т		4	40	160	1	0,2	0,7	1,169	32,0	37,4					
Підпис				Преси 630 т		6	55	330	1	0,2	0,7	1,169	66,0	77,2					
				Преси 800 т		5	63	315	1	0,2	0,7	1,169	63,0	73,7					
				Преси 1000 т		3	75	225	1	0,2	0,7	1,169	45,0	52,6					
Дата				Прес 2000 т		1	95	95	1	0,2	0,7	1,169	19,0	22,2					
				Преси 2500 т		2	112	227	1	0,2	0,7	1,169	45,4	53,1					
				Всього по ділянці		25	24 - 112	1448	5	0,2	0,7	1,169	289,6	338,6	25	1,5	427	339	545
				Всього по ЗПЦ №24		104	2 - 112	2674	51	0,2	0,6	1,188	607	721	48	1,3	789	721	1069
			2	Механоскладальний цех №24															
				Ділянка зварювання															
				Зварювальні автомати		28	40	1120	1	0,4	0,6	1,333	392,0	522,7					
				Багатопостові звар. автомати		4	300	1200	1	0,4	0,6	1,333	420,0	560,0					
				Перемотуючі пристрої		4	2 - 2,2	8,8	1	0,1	0,5	1,732	1,1	2,0					
				вентилятори		7	15	105	1	0,7	0,8	0,75	73,5	55,1					
				Всього по ділянці		43	2,2 - 300	2433,8	136	0,4	0,6	1,3	886,6	1139,8	16	1,4	1233	1140	1679
				Ділянка фарбування															
				Малярно-сушильний агрегат		3	62	186	1	0,6	0,8	0,75	111,6	83,7	3				
				кран-балки		2	17 - 18	35	1	0,7	0,8	0,75	24,5	18,4	2				
				вентилятори		8	22	176	1	0,6	0,8	0,882	105,6	93,1	8				
				Всього по ділянці		13	17,5 - 62	397	4	0,6	0,8	0,8	241,7	195,2	13	1,25	242	215	323
	Арк.																		

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювальних навантажень виконується згідно [3] шляхом визначення питомої потужності освітлювального навантаження на одиницю корисної площі виробничого приміщення.

Розрахунок освітлювальних навантажень корпусу приведено в таблиці 2.2.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм	
Арк	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
Арк.	

Таблиця 2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

№	Найменування	$F, \text{м}^2$	$P_0, \text{Вт/м}^2$	$P_{\text{в}}, \text{кВт}$	$\cos \varphi$	K_1	K_c	$P_{\text{р}}, \text{кВт}$	$\text{tg} \varphi$	$Q_{\text{р}}, \text{квар}$	$S_{\text{р}}, \text{кВА}$
1.	Механоскладальний цех №24 (МСЦ № 24)	18414	10	184,14	0,90	1,20	0,82	150,99	0,48	72,48	167,49
2.	Заготівельно-пресовий цех №23	12934	10	129,34	0,50	1,12	0,85	109,9	1,73	190,19	219,68
3.	Компресорна	936	8	7,49	1,00	1,00	0,6	4,49	0	-	4,49
4.	Вуглекислотна станція	448	10	4,5	0,9	1,20	0,9	4	0,48	2	4,22
5.	Інженерно-конструкторський відділ	2552	14	35,7	0,9	1,20	0,6	21	0,48	10,29	23,78
6.	Склад фарби	672	6	4,0	0,9	1,20	0,6	2	0,48	1,16	2,68
7.	Склад сировини	2040	6	12,2	0,9	1,20	0,9	11	0,48	5,29	12,22
8.	Територія корпусу	105600	0,2	21,1	0,5	1,12	0,6	13	1,73	21,92	25,32
	Всього							316		303	438

2.3. Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В

Розрахунок електричних навантажень в мережі напругою вище 1000 В проводиться згідно [3].

Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000 В, оформлюється у вигляді табл. 2.3.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3. Розрахунок електричних навантажень споживачів корпусу в мережі вище 1000 В

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	K_B	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Середнє навантаження за зміну, кВт		n_e	K_M	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного	Сум.					P_{cp}	Q_{cp}			P_p	Q_p	S_p
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ТП№1														
	<i>Заготівельно-пресовий цех №23</i>														
	силова	104	2 - 112	2674	51	0,2	0,6	1,2	607	721	48	1,3	789	721	1069
	освітлювальна												151	72	
	Всього												940	794	1231
	Всього по ТП№1														
	силова	104	2 - 112	2674	51	0,2	0,64	1,2	607	721	48	1,3	789	721	1069
	освітлювальна												110	190	
	Всього												899	911	
	Втрати в тра-рах Ш.тр = 630	2											10	75	
	Всього на шинах 10 кВ ТП№1												910	986	1342
	ТП№2-4														
	<i>Механоскладальний цех №24</i>														
	силова	103	2 - 300	3967	150	0,4	0,6	1,2	1511	1840	26	1,3	1940	1840	2674
	освітлювальна												151	72	
	Всього												2091	1912	
	<i>Інженерно-конструктор. відділ</i>														
	силова	5	3 - 18	85	6	0,7	0,8	0,8	59,5	44,6	5,0	1,2	72,9	49,1	87,9
	освітлювальна												21,4	10,3	

3

2.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства

Річний графік за тривалістю будується на основі добового графіка з урахуванням кількості робочих і вихідних днів згідно методики [3].

Програма для побудови графіків електричних навантажень

$P =$ 6132 кВт
 $Q =$ 5756 кВар
 $S =$ 8505 кВА

Кількість днів робочих:

зимою 147 днів

літом 105 днів

Кількість днів вихідних:

зимою 65 днів

літом 48 днів

Виконати розрахунок ?

Ok

Робочі дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт·год:

$$W_{зр} = 14522555$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт·год:

$$V_{зр} = 12177892$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт·год:

$$W_{лр} = 7865683$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт·год:

$$V_{лр} = 7393720$$

Вихідні дні:

Зимові Річна витрата активної електричної енергії, кВт·год:

$$W_{зв} = 1121666$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт·год:

$$V_{зв} = 788757$$

Літні Річна витрата активної електричної енергії, кВт·год:

$$W_{лв} = 704061$$

Річна витрата реактивної електричної енергії, кВт·год:

$$V_{лв} = 495097$$

Загальна річна витрата активної електричної енергії, кВт·год:

$$W_{лр} = W_{зр} + W_{лр} + W_{зв} + W_{лв} = 24213964,78$$

Загальна річна витрата реактивної електричної енергії, кВт·год:

$$V_{лв} = V_{зр} + V_{лр} + V_{зв} + V_{лв} = 20855464,88$$

Час використання максимального навантаження, год:

$$T_M = 3765,7$$

Час максимальних втрат, год:

$$\tau_M = 2195,0$$

Річні витрати активної та реактивної енергії енергії:

$$W_p = \sum P_{з.і}^{роб} \cdot 147 + \sum P_{з.і}^{вих} \cdot 63 + \sum P_{л.і}^{роб} \cdot 105 + \sum P_{л.і}^{вих} \cdot 50 = 14522555 + 1121666 + 7865683 + 3704061 = 24213964 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$V_p = \sum Q_{з.і}^{роб} \cdot 147 + \sum Q_{з.і}^{вих} \cdot 63 + \sum Q_{л.і}^{роб} \cdot 105 + \sum Q_{л.і}^{вих} \cdot 50 = 12177892 + 7393720 + 788757 + 495097 = 2085464 \text{ квар}\cdot\text{год}$$

Час використання максимуму навантаження:

$$T_{\text{н}} = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = 3766 \text{ год}$$

Час максимальних втрат визначаємо по формулі:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{н}}}{10^4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 3766/10000)^2 \cdot 8760 = 2195 \text{ год.}$$

Отримані значення використовуємо для побудови графіків навантажень, представлених на рис.2.1-2.4.

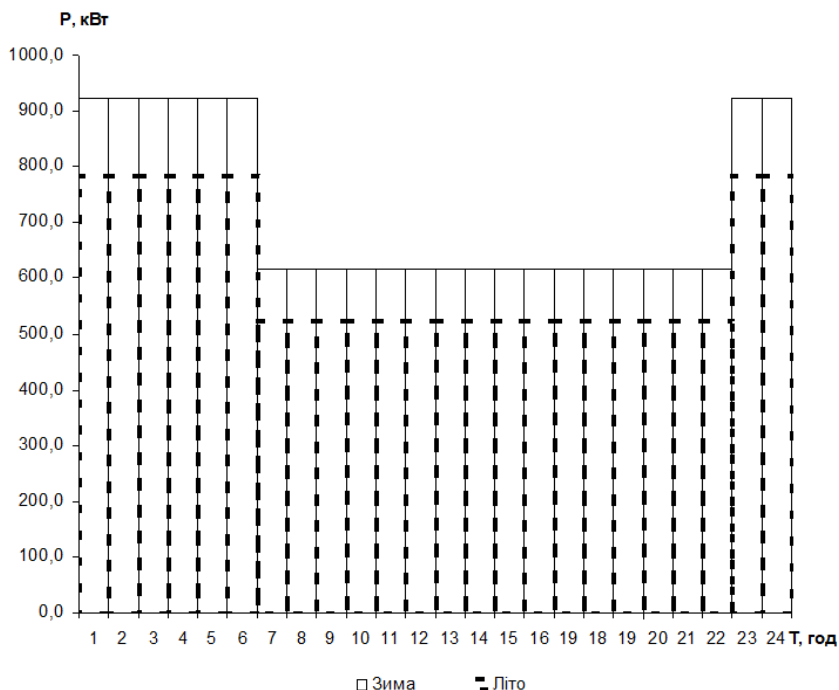


Рис. 2.1. Споживання потужності активної та реактивної енергії у вихідний день.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

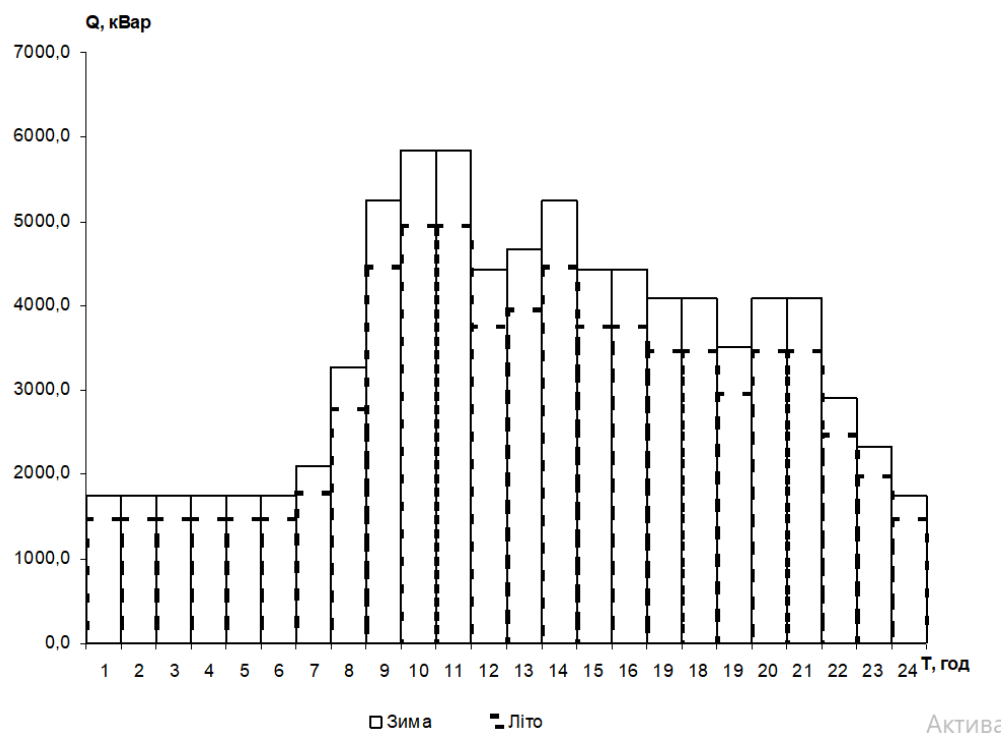


Рис. 2.2. Споживання реактивної потужності в робочий день

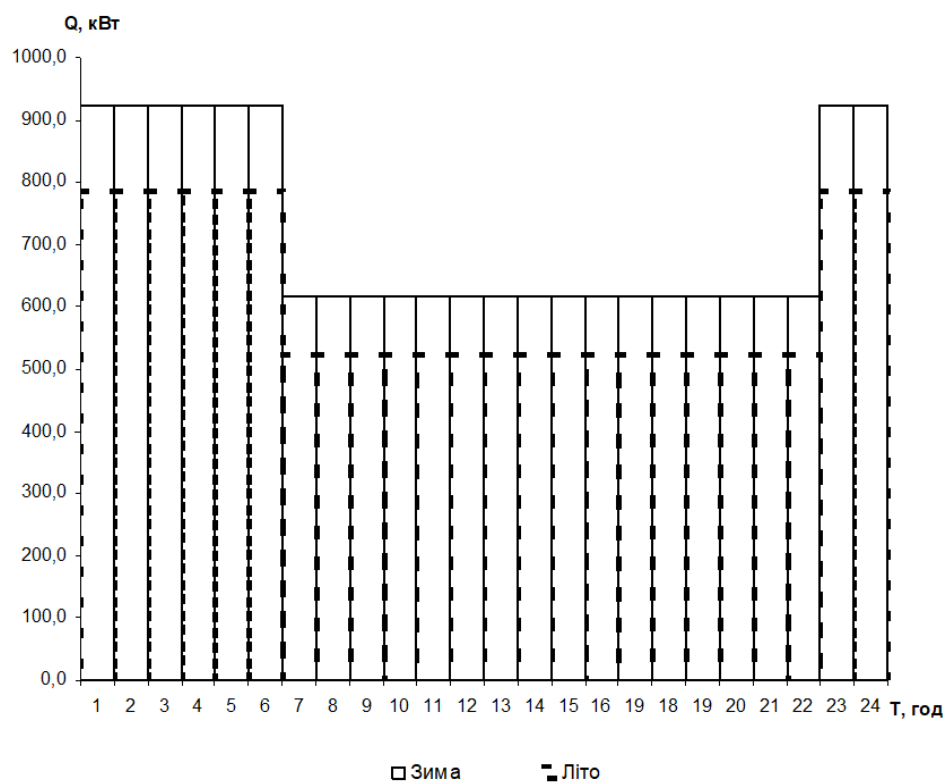


Рис. 2.2. Споживання реактивної потужності у вихідний день

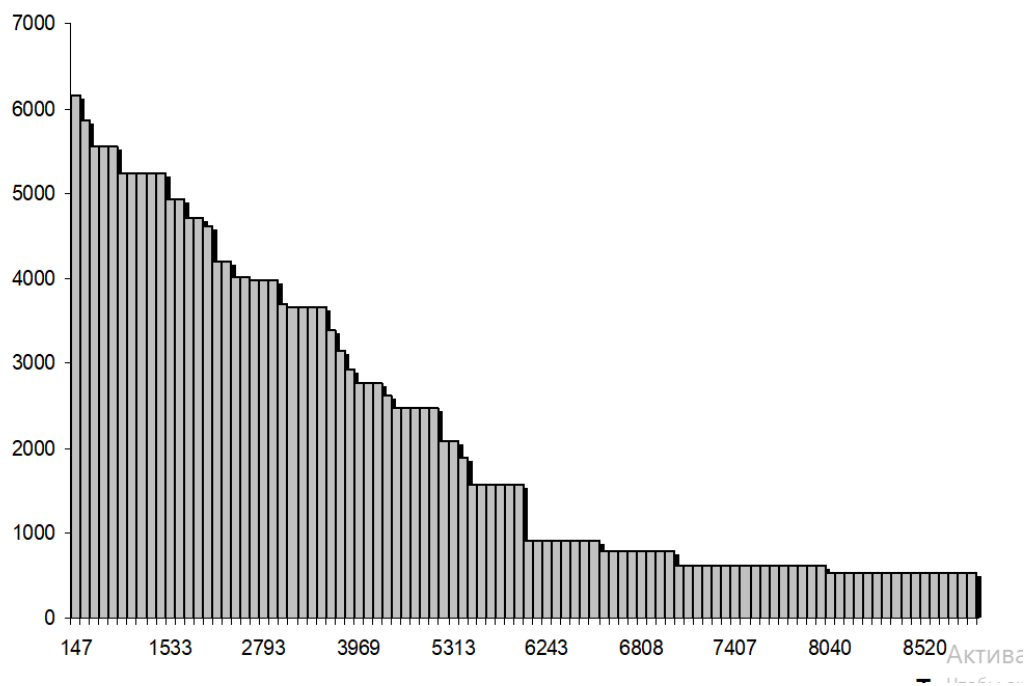


Рис. 2.4. Річний графік навантаження за тривалістю

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ (ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ)

Для визначення місця розташування ГЗП (ЦРП) та ТП на промисловому підприємстві на генеральному плані використовується картограма електричних навантажень. Картограма навантажень підприємства на генеральному плані представлена у вигляді кол, площі яких відповідають розрахунковим навантаженням цехів у вибраному масштабі. Побудова картограми будується у відповідності з методикою [3].

Найбільшого розповсюдження набув метод визначення ЦЕН, що використовує деякі положення теоретичної механіки: якщо вважати навантаження цеха рівномірно розподіленими по його площі, то центр навантаження можна прийняти таким, що співпадає з центром тяжіння фігури, що зображує цех в плані.

При розрахунку центра навантаження було розраховано, що він знаходиться в координатах $X = 158.58$ м, $Y = 123.8$ м.

Розрахунок для інших цехів зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Картограма електричних навантажень

№ п/п	Найменування	$P_{\text{силь}}$, кВт	$P_{\text{росв}}$, кВт	P_p , кВт	m	R, мм	α , град.	x, м	y, м	$P \cdot x$, кВт·м	$P \cdot y$, кВт·м
1	Заготівельно-пресовий цех № 23	790	110	899	0,2	37,83	44	204	322	183483	289615
2	Механоскладальний цех № 24 (МСЦ №24)	1940	151	2091	0,2	57,69	26	402	288	840525	602167
3	Компресорна	127	4	132	0,2	14,47	12	82	266	10783	34979
4	Вуглекислотна станція	533	4	537	0,2	29,23	2	152	266	81619,5	142834
5	Інженерно-конструкторський відділ	73	21	94	0,2	12,25	81	402	192	37918	18110
6	Склад фарби	30	2	32	0,2	7,19	26	326	266	10583	8635
7	Склад сировини	20	11	31	0,2	7,01	128	238	266	7354,7	8220
8	Склад готової продукції		8	8	0,2	3,60	360	192	190	1566,7	1550
9	Територія корпусу		13	13	0,2	4,49	360	260	220	3295	2788
10	Компресорна	1764		1764	0,2	52,99	0	82	266	144648	469224
	Всього по заводу			5337						1673080	1648862

											Арк.
											25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

4. ВИБІР НАПРУГИ І ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

4.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.

Так як виконується електропостачання корпусу № 90, що є невід'ємною технологічною частиною виробництва АТ „Ельворті”, тому розглядаються варіанти живлення споживачів корпусу № 90 тільки від ГЗП №2 АТ „Ельворті”.

В якості варіантів електропостачання приймаються варіант з встановленням і живленням від РП та варіант живлення споживачів від шин 10 кВ ГЗП № 2.

Схеми електропостачання приводяться на рис. 4.1 та 4.2.

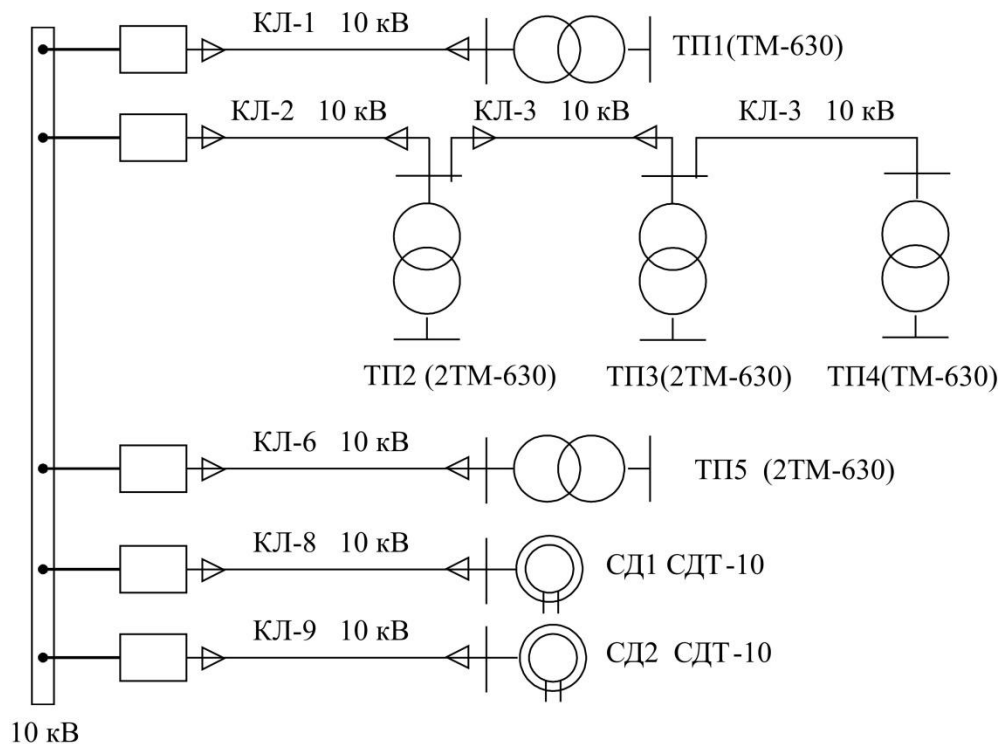


Рис. 4.1. Змішана схема живлення споживачів корпусу № 90 від шин 10 кВ

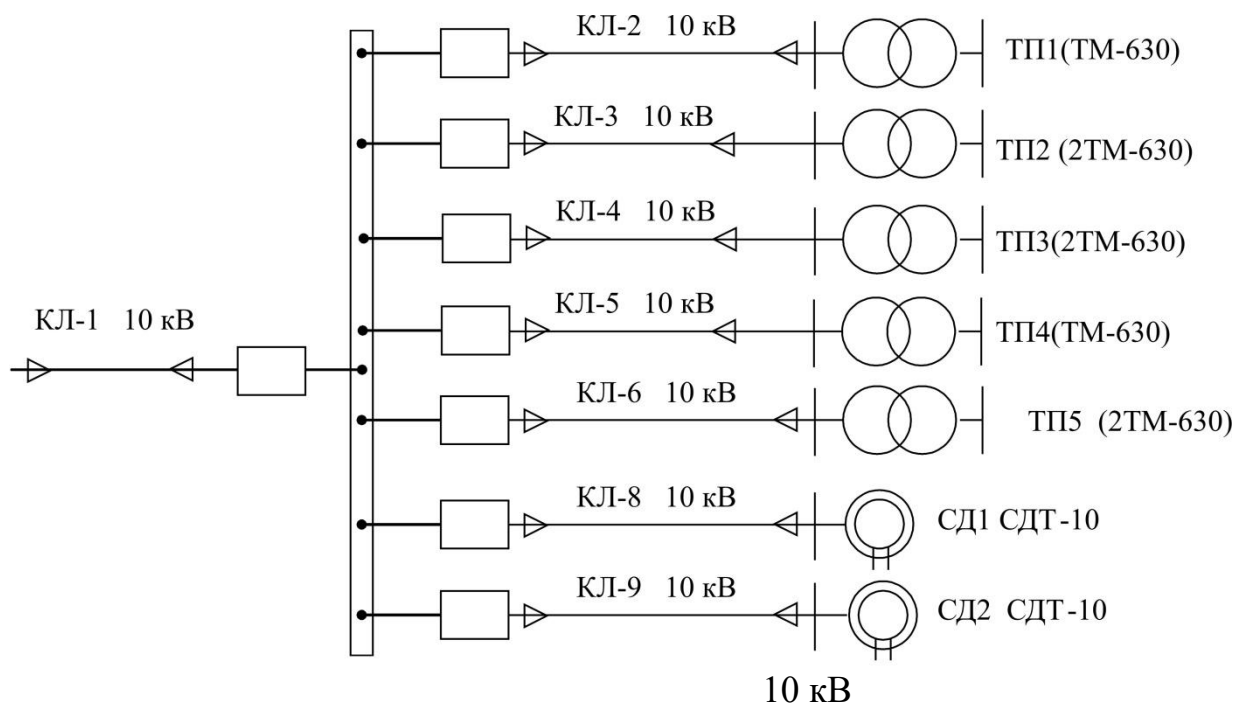


Рис. 4.2. Радіальна схема живлення споживачів корпусу № 90 від шин 10 кВ

Варіант №1.

Живлення споживачів здійснюється за кабельними лініями 10 кВ безпосередньо від шин ГЗП, віддаленість від ГЗП заводу $l = 0,53$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{N\sqrt{3}U_n} = \frac{1342,0}{2 \cdot 1,7 \cdot 10} = 38,8 \text{ А}$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{38,79}{1,4} = 27,7 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ – економічна щільність струму при $T_m = 3765$ год

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо стандартний переріз 35 мм² кабеля. Приймаємо кабель марки ААШВ–10(3х 35). Кількість $n = 1$

Для даного кабеля допустимий тривалий струм $I_{\text{доп}} = 115$ А, втрати потужності на 1 км $P_{1\text{км}} = 8$ кВт/км, вартістю $K_0 = 38$ тис.грн/км.

Допустимий довготривалий струм навантаження з урахуванням кількості кабелів, що працюють в одній траншеї:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} K_{\text{п}} = 115 \cdot 1 = 115 \text{ А}$$

де $K_{\text{п}}$ – поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів у одній траншеї (табл. 1.3.26. [9]), для $n_{\text{кл}} = 1$ $K_{\text{п}} = 1$.

Коефіцієнт попереднього завантаження кабеля

$$K_3 = \frac{I_{\text{р}}}{n I'_{\text{доп}}} = \frac{38,8}{1 \cdot 115} = 0,34$$

При виході з ладу однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження:

$$I'_{\text{авар}} = n I'_{\text{доп}} K_{\text{ап}} = 1 \cdot 115 \cdot 1,4 = 155,3 > I_{\text{р.ав}} = 78 \text{ А}$$

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta W_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau = 0,482 \cdot 2194 = 1058,36 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{1\text{км}} l_{\Sigma} K_3^2 = 8 \cdot 0,5 \cdot 0,3^2 = 0,482 \text{ кВт}$$

$$C_{\text{втр}} = \Delta W_{\text{л}} C_0 = 1058,36 \cdot 2,7 = 513,304 \text{ грн} = 2,857 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами

$$C_0 = 2,7 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год.}$$

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Техніко-економічний розрахунок для інших елементів схеми
приведений в таблицях 4.1-4.4.

Таблиця 4.1. Розрахунок параметрів схеми для першого варіанту

№ КЛ	S_p , кВА	n	I_p	$I_{p.ав}$, А	$F_{ек}$, мм ²	$F_{ст}$, мм ²	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	K_3
ГПП-ТП1	670,8	1	38,77	77,55	27,70	35	ААШв(3х35)	115	0,337
ТП1-ТП2	1536,8	1	88,83	177,67	63,45	70	ААШв(3х70)	165	0,538
ГПП-ТП3	1024,5	1	59,22	118,44	42,30	50	ААШв(3х50)	140	0,423
ТП3-ТП4	512,3	1	29,61	59,22	21,15	35	ААШв(3х35)	115	0,257
ТП4-ТП5	490,3	1	28,34	56,68	20,24	35	ААШв(3х35)	115	0,246
ГПП-СД1	588,0	1	33,99	67,98	24,28	35	ААШв(3х35)	115	0,296
ГПП-СД2	588,0	1	33,99	67,98	24,28	35	ААШв(3х35)	115	0,296

Таблиця 4.2. Розрахунок втрат електричної енергії по-першому
варіанту

№ КЛ	S_p , кВА	n	I_p	K_3	l , км	$\Delta P_{л}$, кВт	$\Delta E_{л\Box}$, кВт·год	C_o , грн/кВт	$C_{втр}$, т. грн
ГПП-ТП1	670,8	1	38,77	0,34	0,53	0,482	1058,0	2,7	2,856
ТП1-ТП2	1536,8	1	88,83	0,54	0,52	2,110	4631,7	2,7	12,505
ГПП-ТП3	1024,5	1	59,22	0,42	0,05	0,089	196,4	2,7	0,530
ТП3-ТП4	512,3	1	29,61	0,26	0,01	0,005	11,6	2,7	0,031
ТП4-ТП5	490,3	1	28,34	0,25	0,52	0,253	554,6	2,7	1,497
ГПП-СД1	588,0	1	33,99	0,30	0,52	0,363	797,6	2,7	2,153
ГПП-СД2	588,0	1	33,99	0,30	0,52	0,363	797,6	2,7	2,153

Таблиця 4.3. Розрахунок параметрів схеми для другого варіанту

№ КЛ	S_p , кВА	n	I_p	$I_{p,ав}$, А	$F_{ек}$, мм ²	$F_{ст}$, мм ²	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	K_3
КЛ1	6168	2	122,6	233,6	147,6	150	ААШВ(3х150)	205	0,299
КЛ2	670,8	1	38,8	73,9	47,7	50	ААШВ(3х50)	115	0,337
КЛ3	614,7	1	35,5	67,7	45,4	50	ААШВ(3х50)	115	0,309
КЛ4	614,7	1	35,5	67,7	45,4	50	ААШВ(3х50)	115	0,309
КЛ5	614,7	1	35,5	67,7	45,4	50	ААШВ(3х50)	115	0,309
КЛ6	490,3	1	28,3	54,0	40,2	50	ААШВ(3х50)	115	0,246
КЛ8	588,0	1	34,0	64,7	44,3	50	ААШВ(3х50)	115	0,296
КЛ9	588,0	1	34,0	64,7	44,3	50	ААШВ(3х50)	115	0,296

Таблиця 4.4. Розрахунок витрат електричної енергії для другого варіанту

№ КЛ	S_p , кВА	n	I_p	K_3	l , км	$\Delta P_{л}$, кВт	$\Delta E_{л\Box}$, кВт·год	C_o , грн/кВт	$C_{втр}$, т. грн
КЛ1	4243,4	2	122,6	0,3	0,53	1,52	3330,9	2,7	8,993
КЛ2	670,8	1	38,8	0,3	0,08	0,07	159,7	2,7	0,431
КЛ3	614,7	1	35,5	0,3	0,09	0,07	150,9	2,7	0,407
КЛ4	614,7	1	35,5	0,3	0,1	0,08	167,6	2,7	0,452
КЛ5	614,7	1	35,5	0,3	0,02	0,02	33,5	2,7	0,090
КЛ6	490,3	1	28,3	0,2	0,1	0,05	106,7	2,7	0,288
КЛ8	588,0	1	34,0	0,3	0,16	0,11	245,4	2,7	0,662
КЛ9	588,0	1	34,0	0,3	0,16	0,11	245,4	2,7	0,662

Розрахунок капіталовкладень по варіантах та поточних витрат приведені в таблиці 4.5–4.6.

Розрахунок приведених витрат по варіантам електропостачання приведені в таблиці 4.7.

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.5. Розрахунок капітальний вкладень по варіантах

№ вар.	Найменування елемента схеми	Один.	Кіль- кість	Вартість одиниці, тис.грн	Вартість всього, тис.грн
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на ГЗП	шт	20	55	1100
	Шафи з вимикачами навантажень	шт	2	28	56
	Кабельні лінії:				
	ААШв (3х150)	км	0,52	620	322,4
	ААШв (3х50)	км	0,05	750	37,5
	ААШв (3х35)	км	2,5	770	1925
	Траншея	км	0,15	25	3,75
	Траншея (2 КЛ)	км	0,83	50	41,5
	Всього				3486,15
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на ГЗП та РП	шт.	23	55	1265
	Кабельна лінія:				
	ААШв (3х150)	км	0,53	620	328,6
	ААШв (3х50)	км	0,91	750	682,5
	Траншея	км	1	25	25
	Траншея (2 КЛ)	км	0,52	50	26
	Всього				2327,1

Таблиця 4.6. Розрахунок поточних витрат

№	Найменування елемента схеми	K_j , тис. грн.	P_{aj} , %	C_{aj} , тис. грн.	$P_{эj}$, %	$C_{эj}$, тис. грн.	C_j , тис. грн.
I	Шафи КРУ 10 кВ, що встановлюються на ГЗП	1100	15	165	5	55	220
	Шафи вимикачів навантаження	56	15	8,40	5	2,8	11,2
	Кабельні лінії з врахуванням траншеї	2330,15	5	116,5	5	116,5	233
	Всього						464,2
II	Шафи КРУ 10 кВ, що встановлюються на ГЗП та РП	1265	15	189,75	5	63,25	253
	Кабельні лінії з врахуванням траншеї	1062,1	5	53,1	5	53,1	106,2
	Всього						359,2

Таблиця 4.7. Розрахунок приведених витрат по варіантам

Показники	Варіант	
	1	2
Капіталовкладення	3486,15	2327,1
Поточні затрати	464,2	359,2
Вартість втрат електроенергії	21,72	11,988
Приведені затрати	3972,07	2698,288
% співвідношення	147	100

Як видно з таблиці 4.7 в другому варіанті витрати менші, ніж в першому варіанті. Остаточний вибір схеми живлення проводиться по вартості втрат електричної енергії. Для подальшого проектування приймаю схему живлення споживачів корпусу № 90 з встановленням розподільчого пункту за координатами центру електричних навантажень.

4.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання.

Для внутрішніх розподільчих мереж використовуємо напругу 10 кВ.

В цехових розподільчих мережах для живлення силових і освітлювальних електроприймачів використовуємо напругу 380/220 В.

Радіальна схема розподілення енергії є доцільною особливо в ситуаціях, коли існують великі навантаження, такі як насосні, компресорні або перетворювальні установки, розташовані у різних напрямках від центра живлення.

Магістральні схеми живлення використовуються в таких випадках:

- коли потрібно прокласти прямолінійну магістраль для розміщення підстанцій;
- для групи технологічно пов'язаних агрегатів, де при зупинці одного з них потрібно відключити всю групу;

в) у всіх інших ситуаціях, коли магістральна схема має переваги з технічно-економічної точки зору порівняно з іншими схемами.

Магістральні схеми з двома або більше паралельними магістралями можна використовувати для живлення споживачів будь-якої категорії.

Для підключення трансформаторів з напругою до 10 кВ до однієї магістралі необхідно встановлювати два-три трансформатори потужністю від 1000 до 2500 кВА та три-чотири меншої потужності.

Трансформаторні підстанції розташовані навколо місця розташування РП. Для розподілення електроенергії на території підприємства приймаємо радіальну схему електропостачання, яка є найбільш надійною. Схематичне зображення внутрішнього електропостачання приведене на рис. 4.2.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Під час роботи багато промислових електроприймачів споживають з мережі не лише активну потужність, а й реактивну потужність. Проте передача реактивної потужності через лінії та трансформатори не є ефективною, оскільки це призводить до зниження ефективності системи електропередачі та погіршення якості електропостачання з таких причин:

- Збільшення втрат активної потужності в лініях, трансформаторах та генераторах, що пов'язані з протіканням реактивних струмів.
- Зниження пропускної здатності елементів мережі та зниження рівня напруги в споживачах.

Методика вибору потужності компенсуючих пристроїв (КП) визначається відповідно до "Інструктивних матеріалів Держенергонагляду".

5.1 . Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.

Даний розрахунок необхідно провести для кількох варіантів з різною кількістю трансформаторів (N_0 ; N_{0+1} ; N_{0+2})

Проведемо розрахунок балансу активної та реактивної потужності.

Сумарне низьковольтне електричне навантаження:

$$P_{\Sigma} = \sum P_{ТП} = 4317 \text{ кВт}$$

$$Q_{\Sigma} = \sum Q_{ТП} = 3808 \text{ кВАр}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Сумарні втрати в цехових ТП:

$$\Delta P_m = \sum \Delta P_{ТП} = 51 \text{ кВт} \quad \Delta Q_m = \sum \Delta Q_{ТП} = 392 \text{ кВАр}$$

Сумарне високовольтне навантаження (без врахування СД 10 кВ):

$$P_\epsilon = \sum P_{ВН} = 0 \text{ кВт} \quad Q_\epsilon = \sum Q_{ВН} = 0 \text{ кВАр}$$

Номинальна реактивна потужність синхронного двигуна:

$$Q_{ном} = P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{СД} = 630 \cdot 0,484 = 304,92 \text{ кВАр}$$

Розрахункова активна потужність СД:

$$P_{СД} = N_{СД} P_{ном} K_{вик} = 4 \cdot 630 \cdot 0,7 = 1764 \text{ кВт}$$

Номинальна реактивна потужність, що генерується СД:

$$Q_{сд} = P_{СД} \operatorname{tg} \varphi_n = 1764 \cdot 0,484 = 853,78 \text{ кВА}$$

Максимальна реактивна потужність, що генерується СД:

$$Q_{\max \text{ сд}} = \frac{\alpha_M P_{ном} \operatorname{tg} \varphi_n}{\eta} = \frac{1,27 \cdot 2520 \cdot 0,484}{0,96} = 1613,54 \text{ кВАр}$$

Сумарне споживання активної та реактивної потужностей:

$$P_p = P_n + \Delta P_m + P_\epsilon + P_{сд} = 4317 + 51 + 0 + 1764 = 6132 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_n + \Delta Q_m + Q_\epsilon = 3808 + 392 + 0 = 4200 \text{ кВАр}$$

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реактивна потужність, яка споживається від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 6132 \cdot 0,15 = 919,8 \text{ кВАр}$$

Потужність компенсуючих пристроїв:

$$Q_{КП} = Q_p - Q_e - Q_{CD} = 4200 - 919,8 - 853,78 = 2426,42 \text{ кВАр}$$

Мінімальна кількість трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_n}{\beta \cdot S_{ном}} = \frac{4317}{0,7 \cdot 630} = 9,79 \approx 10 \text{ шт.}$$

Надалі будуть розглядатися варіанти компенсації при кількості трансформаторів $N = N_0$, $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$.

Варіант 1. $N = N_0 = 10$ шт.

Реактивна потужність, яка може бути передана із мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{ном})^2 - (P_n + \Delta P_m)^2} = \sqrt{(10 \cdot 0,7 \cdot 630)^2 - 4368^2} = 607,19 \text{ кВАр}$$

Потужність КП, що встановлюються в мережі до 1000 В Q_{KH} , визначається із умови балансу реактивної потужності на шинах ТП:

$$Q_{KH} = (Q_n + \Delta Q_m) - Q_1 = 3808 + 392 - 607,19 = 1370 \text{ кВАр}$$

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність КП, що встановлюються в мережі 10 кВ, Q_{KB} , визначається із умови балансу реактивної потужності на шинах 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_{КП} - Q_{KH} = 2426,42 - 1370 = 1056,42 \text{ кВАр}$$

Розрахунок варіантів $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$ виконується аналогічно.

Результаті розрахунку зведено в табл.5.1.

Таблиця 5.1. Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв

<i>№ варіанту</i>	<i>Кількість тр-торів</i>	$Q_1, \text{кВАр}$	$Q_{KH}, \text{кВАр}$	$Q_{KB}, \text{кВАр}$
1	10	607,19	1370	0
2	11	2110,16	705	0
3	12	2987,61	110	1660

5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв проводиться на підставі економічного порівняння варіантів та виконується згідно методики, викладеній в [3].

Необхідно зазначити, що в таблицях 5.1-6.4. потужність КП наведена, враховуючи кількість і номінальну потужність попередньо обраних стандартних батарей конденсаторів. Тому весь подальший розрахунок проводиться на основі врахування цього факту. Тобто надалі величина реактивної потужності, що генерується КП береться реальна, а не розрахункова.

Таблиця 5.2.Вибір типу та потужності БК при кількості трансформаторів N = 10 шт.

№ КТП	К-сть т-рів	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$Q_{np}, \text{кВАр}$	$Q_{кп}, \text{кВАр}$	Кількість та потужність БК, шт.·кВАр	Сума $Q_{БК}, \text{кВАр}$	$Q_{кп}-Q_{бк}, \text{кВАр}$	K_3	$S_p, \text{кВА}$
1	2	899,4	911,3	0	911,3	1·150; 2·268;	686	225,3	0,74	927,1895
2,3,4	6	2172,1	2150	1511,06	638,94	4·150;	600	38,94	0,71	2668,43
5	2	755,82	548,1	454,6	93,5	1·50;	50	43,5	0,72	905,1892

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ складає 1336 кВАр.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ: сумарна потужність БК 10 кВ складає 0 кВАр.

Таблиця 5.3.Вибір типу та потужності БК при кількості трансформаторів N = 11 шт.

№ КТП	К-сть т-рів	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$Q_{np}, \text{кВАр}$	$Q_{кп}, \text{кВАр}$	Кількість та потужність БК, шт.·кВАр	Сума $Q_{БК}, \text{кВАр}$	$Q_{кп}-Q_{бк}, \text{кВАр}$	K_3	$S_p, \text{кВА}$
1	3	899,4	911,3	970,26	0		0	0	0,68	1280,386
2,3,4	6	2172,1	2150	1511,06	638,94	4·150;	600	38,94	0,71	2668,43
5	2	755,82	548,1	454,6	93,5	2·50;	100	-6,5	0,7	878,668

Сумарна потужність БК на стороні 0,4 кВ складає 700 кВАр.

Кількість та потужність БК на стороні 10 кВ: сумарна потужність БК 10 кВ складає 0 кВАр.

Зм										
Арк										
№ докум.										
Підпис										
Дата										

6. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

Вибір трансформаторних підстанцій здійснюється в залежності від умов навколишнього середовища. Для зовнішнього встановлення використовують тільки масляні трансформатори, а для внутрішньої їх використання обмежене (див. ПУЕ 4.2.). В тих виробничих приміщеннях, де довколишнє середовище не допускає застосування масляних трансформаторів, встановлюються трансформатори з негорючою рідиною.

6.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів, та місця розташування цехових підстанцій (ТП)

На промислових підприємствах застосовуються одно - і двотрансформаторні цехові підстанції, що дозволяє розглядати різні варіанти схеми електропостачання. Число трансформаторів в цеху визначається його навантаженням і вимогами до надійності електропостачання.

Один з ефективних методів для вибору потужності цехових трансформаторів полягає у застосуванні питомої густини навантаження.

З метою максимального наближення цехових підстанцій до електроприймачів у мережі напругою 1 кВ рекомендується розміщувати їх всередині цехів або добудовувати до них, залежно від виробничих умов і вимог до архітектурного оформлення виробничих будівель і споруд.

Внутрішньоцехові підстанції розташовуються у центрі електричних навантажень з метою скорочення протяжності мереж напругою до 1 кВ і зниження втрат потужності та енергії в цих мережах.

Розумним рішенням є розташування цехових трансформаторних підстанцій з розподільчими пристроями низької напруги (РПНН) всередині цеху, а трансформаторів - зовні, поруч з виробничими спорудами, які вони живлять. Такий тип підстанції займає менше площі в цеху, ніж повністю вбудована підстанція. Проте слід враховувати, що згідно Правил улаштування

						Арх.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроустановок (ПУЗ), відкрите розміщення масляних трансформаторів допускається лише біля стін будівель з виробництвами категорій Г і Д (згідно пожежних норм). Відстань від трансформатора до стіни регулюється в залежності від ступеня вогнестійкості будівлі. Шини, які з'єднують виводи вторинної напруги трансформатора з РПНН, розміщують у коробі з листової сталі. Усі ці компоненти поставляються заводом як комплект, а на підприємстві виконується збирання елементів та підключення живильних і відходящих кабелів. В окремих випадках РПНН можуть бути розміщені на другому поверсі споруди або на високих відмітках, і в таких випадках додатково встановлюються вертикальні ланки струмопроводів в сталених коробах.

Закриті цехові підстанції 6-10 кВ використовуються у випадках, коли вимоги щодо пожежної та вибухонебезпеки не дозволяють розташовувати трансформаторні підстанції всередині цехів або біля зовнішніх їх стін. Такі підстанції також є доцільними для невеликих підприємств, де електричні навантаження розкидані по всій їх території.

Для уникнення зайняття підкранових площадок, внутрішньоцехові підстанції розміщуються біля колон споруди або біля будь-яких постійних цехових приміщень. У випадках, коли обставини вимагають розташування підстанції біля шляхів внутрішньоцехового транспорту або кранових шляхів, такі підстанції повинні розташовуватися в безпечній зоні, де не відбувається рух механізмів.

6.2. Компоновка та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій.

Компоновка вбудованих і внутрішньоцехових підстанцій визначається в кожному конкретному випадку, враховуючи конструкцію споруди, поверх, на якому вони встановлюються, а також напрямок трас живлячих кабелів чи шинопроводів напругою до 1 кВ. Для Кропивницького еквівалентна річна температура $\theta_{\text{охол}} = 10^\circ\text{C}$

При двохзмінному режимі роботи $K_1 = 1,08$.

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт допустимого аварійного перевантаження при тривалості перевантаження 8-24 год $K_2 = 1,4$.

Приймаються до встановлення комплектні трансформаторні підстанції КТП - 10/0,4 кВ вбудованого типу (внутрішнього встановлення). Приймається також, що трансформатори завантажені рівномірно.

Для спрощення і наочності, вибір буде проводитись у вигляді таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Вибір цехових трансформаторних підстанцій

№ ТП	К-сть	$S_{роз}$, кВА	Марка	K_3	$S_{ном} > S_p/K_1$	$S_{ном} > S_p/K_2$	Тип КТП
ТП-1	2	1404,48	ТМ-1000-10/0,4	0,70	1300	1003	Вбудована
ТП-2	2	1404,48	ТМ-1000-10/0,4	0,70	1300	1003	Вбудована
ТП-3	2	1401,78	ТМ-1000-10/0,4	0,70	1298	1001	Вбудована
ТП-4	2	1398,64	ТМ-1000-10/0,4	0,70	1295	999	Вбудована
ТП-5	1	700,89	ТМ-1000-10/0,4	0,70	649	501	Вбудована
ТП-6	2	1398,64	ТМ-1000-10/0,4	0,70	1295	999	Вбудована
ТП-7	1	699,32	ТМ-1000-10/0,4	0,70	648	500	Вбудована

7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

7.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Для проведення розрахунків струмів короткого замикання використовується розрахункова схема, яка може бути подана у вигляді однолінійної діаграми. У цій схемі враховуються всі джерела живлення, які беруть участь у живленні місця короткого замикання, а також всі компоненти системи електропостачання, такі як трансформатори, лінії, реактори, що розташовані між цими джерелами та місцем короткого замикання. Крім того, синхронні компенсатори, синхронні та асинхронні двигуни також враховуються як джерела живлення в цій розрахунковій схемі.

За розрахунковою схемою (рис.7.1) складається схема заміщення (рис.7.2), де всі елементи замінюються опорами, приведеними до базисних умов. Потім схема заміщення перетворюється і спрощується в еквівалентну схему.

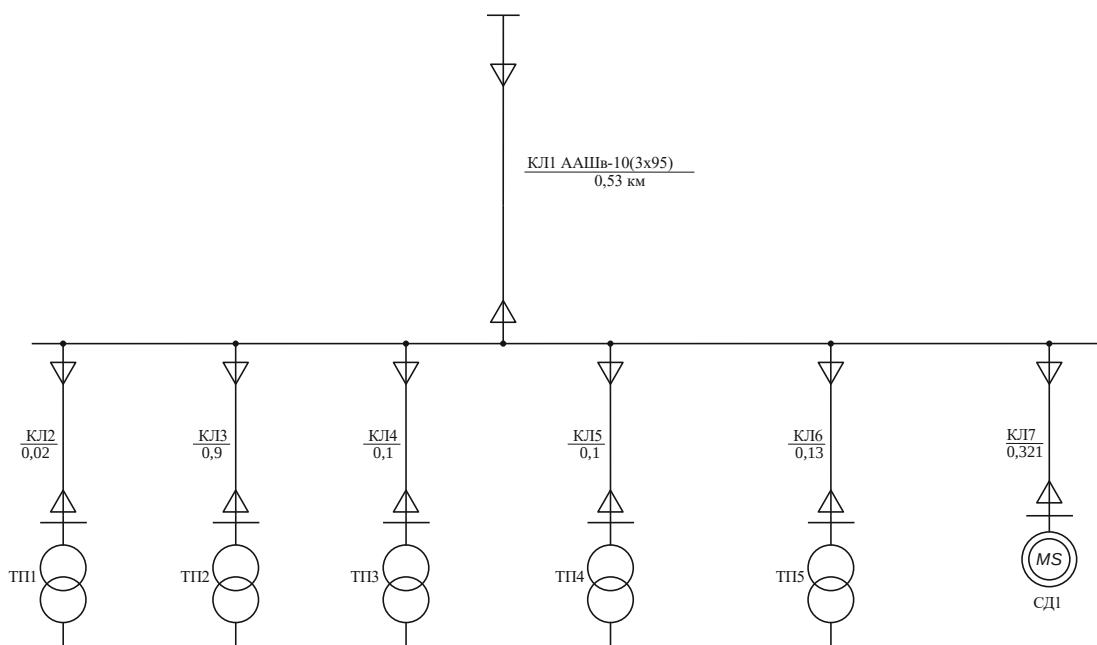


Рис. 7.1. Розрахункова схема для розрахунку струмів к.з.

						Арх.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

По розрахунковій схемі складають схему заміщення, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів (рис. 7.2).

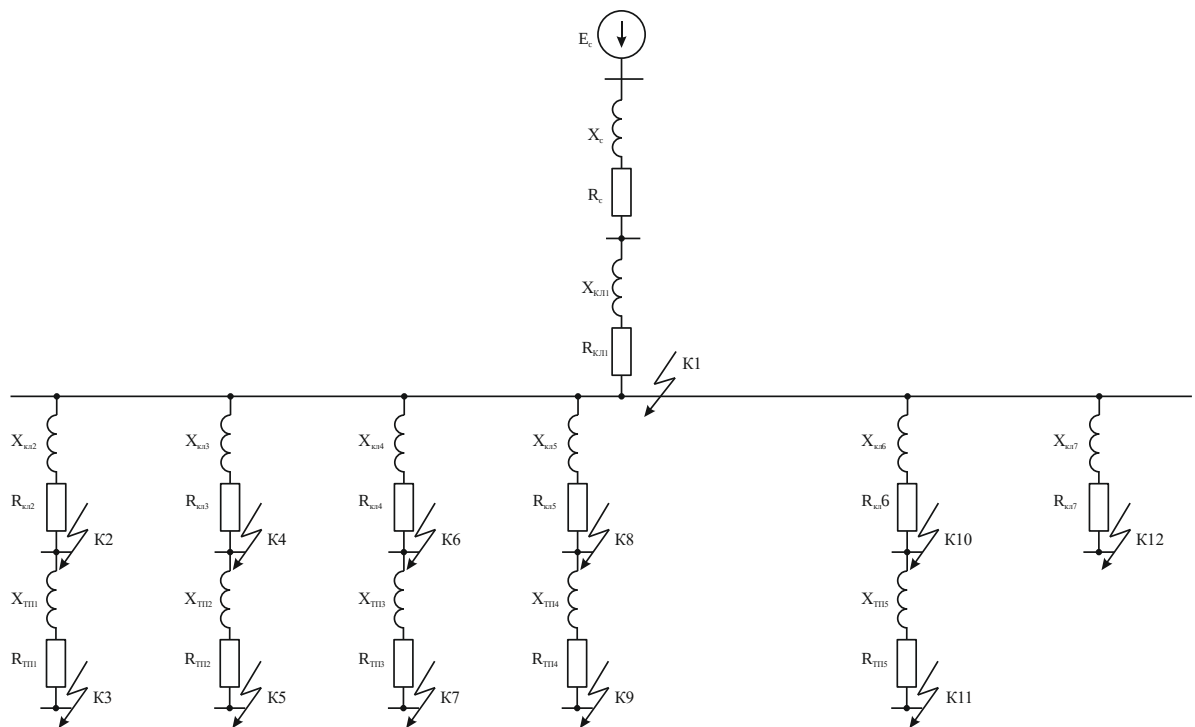


Рис. 7.2. Схема заміщення мережі для розрахунку струмів к.з.

7.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.

Вибір кабелів напругою 10 кВ для високовольтної мережі заводу

Згідно з ПУЕ переріз кабелю повинен перевірятися за економічною щільністю струму. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж виконано згідно методики, викладеній в [3].

Таблиця 7.1. Вибір кабельних ліній 10 кВ заводської мережі

№ К.Л	n, шт	S _p , МВА	I _p , А	I _{p.ав.} , А	F _{екс} , мм ²	B _к , кА ² с	F _{мін} , мм ²	Марка кабеля	I _{дон} , А	K _n	K _n I _{дон} , А	K _{ан}	K _n	K _{ан} K _n I _{до} , А
1	2	6168	169,58	339,16	121,13	18,33	45,55	2 х АСБ-10(3 х 150)	275	0,9	247,5	1,35	1	371,25
2	2	846,59	23,28	46,56	16,63	18,33	45,55	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
3	2	824,3	22,66	45,32	16,19	18,33	45,55	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
4	2	824,3	22,66	45,32	16,19	18,33	45,55	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
5	2	824,3	22,66	45,32	16,19	18,33	45,55	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
6	2	755,98	20,78	41,56	14,84	18,33	45,55	2 х ААШВ-10(3х50)	140	0,9	126	1,35	1	189
7	1	473	26,01	-	18,58	18,33	45,55	1 х ААШВ-10(3х50)	140	1	140	-	-	-

7.3. Вибір електрообладнання.

В кваліфікаційній роботі необхідно здійснити вибір таких електричних апаратів: вимикачі в розподільчих пристроях (РП) усіх класів напруг, роз'єднувачі, розрядники, трансформатори струму і напруги.

Вибір вимикачів

Таблиця 7.2. Вибір секційного вимикача напругою 10 кВ

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номинальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготривалий струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$252,27 \leq 630$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - аперіодична складова: - повний струм:	$I_{n\tau} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{n\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл}(1 + \beta_n)$	$3,6 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 3,6 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $5,09 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$3,6 \leq 52$ $9,24 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$19,33 \leq 1200$

Арк.

45

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 7.3. Вибір вимикача напругою 10 кВ на відхідних КЛ до ТП

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготривалий струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$48,88 \leq 630$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - аперіодична складова: - повний струм:	$I_{нт} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{ат} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{нт} + i_{ат} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл}(1 + \beta_n)$	$3,6 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 3,6 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $5,09 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$3,6 \leq 52$ $9,24 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$16,74 \leq 1200$

Таблиця 7.4. Вибір вимикачів навантаження

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10,5 \leq 10,5$
Довготривалий струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$0 \leq 400$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$3,6 \leq 10$ $9,24 \leq 25,46$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$26,56 \leq 100$

Вибір розрядників

Від атмосферних та внутрішніх перенапруг застосовуються розрядники.

Вентильні розрядник встановлюються на усіх вводах силових трансформаторів, при цьому не допускається встановлення комутаційних апаратів між розрядниками і вводом.

Таблиця 7.5. Вибір розрядників напругою 35 кВ

Тип	$U_{ном}$, кВ	U_{max} , кВ	Пробивна напруга при $f = 50$ Гц		$U_{імп}$, кВ Найб. залишкова напруга, кВ, при імпл. струмі з довжиною фронту 8 мкс і ампл, А
			не менше	не більше	
РВМГ-110МУ1	110	100	170	195	30005000 10000 260245 265 295

На напругу 10 кВ приймаємо до встановлення обмежувачі перенапруг ОПН-10/420/12-УХЛ1:

1. Найбільша тривала допустима напруга: 12 кВ.
2. Номінальна напруга обмежувача – 7.5 кВ.
3. Номінальний розрядний струм – 200 А

Вибір роз'єднувачів

Таблиця 7.6. Вибір роз'єднувачів на вводі напругою 35 кВ

Параметр роз'єднувача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$35 \leq 35$
Довготривалий струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$201,82 \leq 1000$
Динамічна стійкість:		
- симетричний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$	$0 \leq 63$
- ударний струм:	$i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$0 \leq 160,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$0 \leq 2500$

Вибір трансформаторів власних потреб

Таблиця 7.7. Вибір трансформаторів власних потреб (ЦРП)

№ п/п	Споживачі	$P_{ном},$ кВт	п, шт.	$P_{сум}, кВт \cos \varphi \operatorname{tg} \varphi$ $P_{уст}, кВт Q_{уст}, кВАр$
1.	Пристрої підігріву комірок КРП	0,6	32	19,20,97 0,25 19,2 5
2.	Опалення і освітлення примі- щення оперативного персоналу	6	3	180,97 0,25 18 5
3.	Зовнішнє освітлення	4,5	4	180,97 0,25 18 5
4.	Споживання оперативними колами	4,5	4	180,97 0,25 18 5
Всього				73,2 20

8. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ КОРПУСУ 90 АТ «ЕЛЬВОРТІ»

Промисловість є основним споживачем електроенергії, використовуючи більше 70% виробленої електроенергії. Споживання електроенергії постійно зростає через зміни технологічних процесів, що покращують продуктивність праці та якість продукції, а не лише через збільшення виробництва. Низька ефективність використання електроенергії обумовлена загальним спадом виробництва, застарілою технологією та обладнанням, а також нераціональним використанням енергоресурсів.

Головна мета програми електрозбереження - значне зниження витрат електроенергії на виробництво продукції. Для досягнення цієї мети необхідно перейти на енергозберігаючі технології, вдосконалити енергетичне обладнання, розробити більш ефективні споживачі електроенергії, поліпшити керування їх режимами, зменшити втрати та збільшити використання вторинних паливно-енергетичних ресурсів.

Важливі організаційні заходи, такі як контроль та облік електроспоживання за допомогою сучасних систем, нормування витрат та складання енергетичних балансів, також грають важливу роль у забезпеченні ефективного використання електроенергії на промислових підприємствах.

8.1. Організаційно-методичні заходи по економії електроенергії на підприємстві

Відсутність ефективних систем управління енергозбереженням є однією з багатьох причин недостатнього прогресу в цій галузі. Для успішної реалізації політики енергозбереження на національному рівні необхідно розробити програми енергозберігаючих заходів та механізми їх впровадження на всіх рівнях управління: національному, галузевому, регіональному, місцевому та підприємницькому. Ці програми повинні бути взаємопов'язані та включати

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементи більш високого рівня, а також доповнюватися місцевими заходами, що враховують специфіку кожного регіону, галузі, міста чи підприємства.

На централізованому рівні встановлюються загальні цілі, які досягаються шляхом економічного регулювання. На більш децентралізованому рівні використовується індикативне управління, що передбачає систему цілеспрямованих заходів та методів впливу на процеси енергозбереження. Лише реалізація повної системи заходів може призвести до позитивних результатів у досягненні кінцевих цілей, які часто мають різноманітний характер.

Формування системи енергозберігаючих заходів на підприємстві відбувається поетапно. На даному етапі розвитку економіки, першочергові заходи та методи, спрямовані на стимулювання та регулювання енергозбереження, включають комплекс адміністративних, економічних та суспільних заходів. Ці заходи входять до загальної схеми системи управління енергозбереженням (див. Рисунок 8.1).

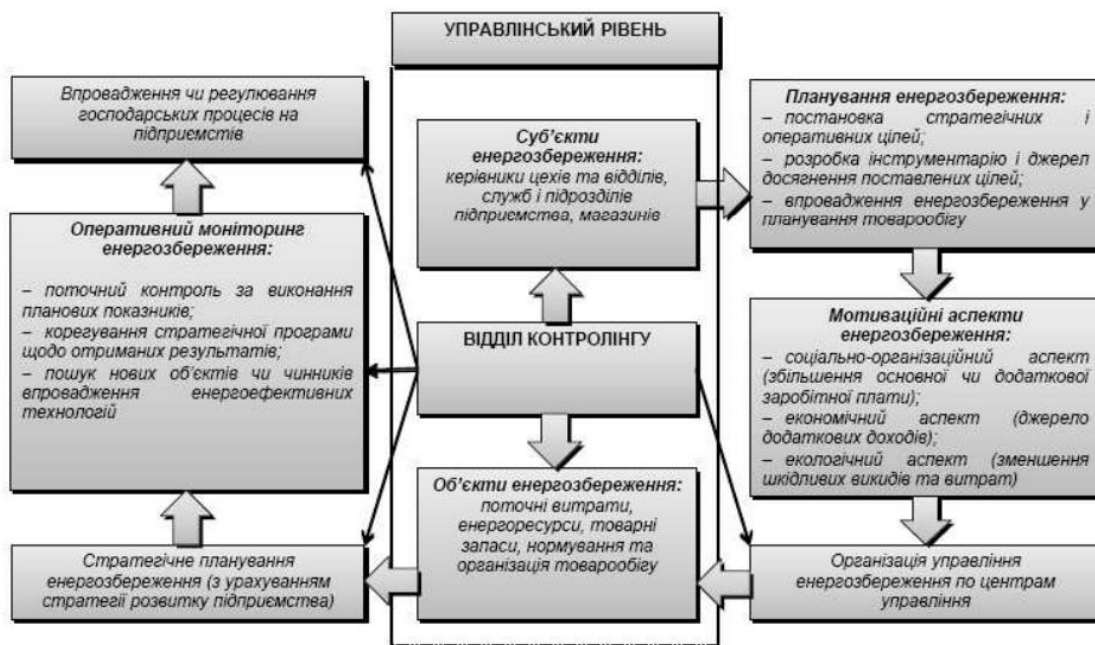


Рис.8.1. Організаційно-економічні важелі управління енергозбереженням на підприємстві

До пріоритетних адміністративних заходів у початковій системі слід віднести наступні: створення спеціальних органів управління енергозбереженням, які відповідають за програмування енергозбереження та організацію виконання програм; поліпшення системи контролю за споживанням енергоресурсів та управління енергозбереженням, а також внутрішньозаводської звітності щодо виконання різних організаційно-технічних заходів (ОТЗ) з енергозбереження; організація правового регулювання енергозбереження.

До економічних заходів відносяться:

1. Використання систем стимулювання працівників підприємства за впровадження енергозберігаючих заходів, надання пільг за ефективне використання енергоресурсів, накладання податків за невиконання нормативів, надання дотацій.
2. Відстрочення платежів.
3. Пільгове і безвідсоткове кредитування енергозберігаючих заходів.
4. Встановлення пільгових норм плати за енергозберігаючі фонди.
5. Скорочення строків амортизації енергозберігаючого обладнання.
6. Фонди преміювання в державних організаціях в розмірі 100% суми економії електроенергії та інші заходи.

Пріоритетні суспільні заходи включають:

- Популяризацію економічних, екологічних, соціальних та інших переваг енергозбереження.
- Підвищення рівня освіти працівників підприємства в галузі енергозбереження.
- Залучення енергопостачальних, громадських та неурядових організацій до впровадження політики енергозбереження на підприємствах.

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2. Облік і контроль електроенергії

Основний фокус на вирішення проблеми економії паливно-енергетичних ресурсів включає в себе не лише розробку енергозберігаючих технологій і обладнання, але й поліпшення контролю та обліку витрат енергоносіїв на промислових підприємствах. Ефективність контролю має важливе значення для оперативного керування споживанням енергії, отримання об'єктивних даних для розрахунків, пов'язаних з енергобалансами та нормуванням витрат енергоресурсів.

В сучасних умовах створення оптимальної структури керування енергетикою на промислових підприємствах, одним з найважливіших завдань є правильний вибір принципів керування системою електроспоживання в цілому. Це призводить до необхідності створення цільової функціональної системи керування процесами в промисловій енергетиці - автоматизованої системи управління енергопостачанням (АСУЕ). Водночас, при вирішенні функціональних завдань керування енергетикою, АСУЕ є нерозривною частиною автоматизованої системи управління технологічними процесами виробництва (АСУТП).

Застосування автоматизованих систем управління енергопостачанням (АСУЕ) виявляється ефективним у практиці, оскільки сприяє підвищенню ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Це досягається шляхом зниження перевитрат та прямих втрат енергії, в середньому на 5%. Крім того, завдяки покращеній надійності забезпечення енергоресурсами, продуктивність виробництва також збільшується.

Інформаційно-керуючі підсистеми АСУЕ, як самостійні системи диспетчерського керування енергопостачанням, успішно функціонують у деяких галузях промисловості. На сучасних промислових підприємствах також наявна система автоматизації процесів керування та контролю планування та прогнозування електроспоживання.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для впровадження оптимального планування та керування електропостачанням на промислових підприємствах рекомендується використовувати автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи обліку та контролю режимів електроспоживання.

8.3. Нормування витрат енергії

Всі промислові підприємства з електричною потужністю 100 кВт і вище, яка була підключена, встановлена або отримала дозвіл на використання, повинні мати розроблені та затверджені відповідно до встановленого порядку норми питомої витрати електричної енергії. Це обов'язково незалежно від джерела електропостачання, будь то енергосистема чи власна електростанція.

Нормування витрат електроенергії застосовується до всієї електричної енергії, споживаної підприємством, включаючи основні та допоміжні технологічні процеси, а також насоси, освітлення, водопостачання, опалення, вентиляцію та втрати у внутрішньозаводських мережах і перетворювачах.

Нормування витрати електроенергії передбачає встановлення планової витрати електроенергії на виробництво одиниці продукції, переробку сировини або виконання певного обсягу роботи. Зазвичай норми витрати електроенергії та плани щодо організаційно-технічних заходів щодо економії електроенергії розробляються на самому підприємстві і затверджуються керівником підприємства або міністерством.

Питома витрата електроенергії визначає кількість електроенергії, яка витрачається на виробництво одиниці продукції. Плановий розмір питомої витрати називається нормою питомої витрати або просто питомою нормою, а фактична витрата електроенергії на одиницю продукції називається питомою витратою. Така термінологія також застосовується при нормуванні витрати інших енергоносіїв, таких як тепло, паливо, стиснуте повітря, газ і т.д.

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норми питомої витрати повинні бути прогресивними. Це означає, що вони повинні:

- Максимально відображати науково-технічний прогрес у виробництві, що сприяє найбільш ефективному і раціональному використанню електричної енергії.
- Враховувати реалізацію запланованих організаційно-технічних заходів з економії електроенергії.
- Сприяти виявленню та мобілізації внутрішніх резервів економії електроенергії у виробництві шляхом поширення і впровадження передових прийомів і методів роботи, найбільш раціональних режимів роботи технологічного та енергетичного устаткування.

Нормування питомих витрат електричної енергії для промислових підприємств передбачає встановлення річних норм з урахуванням розподілу по кварталах з урахуванням сезонності, а також розподіл по цехах, енергоємним технологічним процесам і агрегатам. При цьому середнє значення диференційованих норм не повинно перевищувати загальнозаводську річну норму, що була затверджена. При вдосконаленні технології, зміні організації виробництва та впровадженні нової техніки норми витрати електроенергії повинні підлягати перегляду.

Основними цілями нормування електричної енергії є:

- Визначення технічно необхідної витрати електроенергії на виробництво одиниці продукції в конкретних умовах виробництва.
- Забезпечення раціонального та ефективного використання електроенергії в процесі виробництва.
- Визначення потреби в електроенергії на планований період.
- Нормування електроенергії допомагає підприємствам контролювати та оптимізувати витрати електроенергії, що сприяє зниженню енергетичних витрат, підвищенню ефективності виробництва та енергоефективності.

						Арх.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.4. Енергетичні баланси

При обговоренні питань ефективного використання електроенергії та нормування електроспоживання, важливу роль відіграє об'єктивна оцінка режимів електроспоживання на основі електробалансу промислового підприємства.

Енергетичний баланс промислових підприємств є системою взаємозалежних показників, які описують отримання та використання всіх видів палива та енергії. Він є основним документом для комплексного вивчення, планування роботи та розробки заходів з раціоналізації енергетичного господарства підприємства і створення науково-технічної бази для нормування витрат палива та енергії.

Енергетичні баланси підприємств поділяються на баланси окремих процесів, агрегатів або груп агрегатів, сукупних виробничих процесів, ділянок, цехів та загального балансу всього промислового підприємства. Вони можуть бути плановими або фактичними, звітними або аналітичними. Звітні баланси спрямовані на виявлення непродуктивних енергетичних витрат агрегатів, цехів, груп споживачів і підприємства в цілому. Для детальнішого аналізу розробляються агрегатні баланси для декількох однотипних агрегатів, баланси за видами енергії та синтезовані паливно-енергетичні баланси за декілька років для всього підприємства. Це дозволяє порівняти кілька паливно-енергетичних балансів, виявити найбільш ефективні види енергії, спланувати заходи щодо раціонального використання енергії та розробити норми споживання енергії.

Основною метою упорядкування звітних паливно-енергетичних балансів є визначення оптимальних енергетичних співвідношень: а) між різними типами установок та апаратів, які споживають енергію; б) між різними типами енергогенеруючих установок; в) між різними видами паливно-енергетичних ресурсів.

Таким чином, розробка раціонального паливно-енергетичного балансу дозволяє вирішити три основних питання енергетичного господарства:

						Арх.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. правильний вибір енергії та палива для різних категорій виробничих і побутових процесів з урахуванням технічних та економічних показників, що впливають на ефективність технології виробництва;
2. раціональний вибір енергогенеруючих установок;
3. вибір паливно-енергетичних ресурсів для різних типів енергетичних установок.

Структура електробалансу промислового підприємства є основним джерелом інформації, яке дозволяє вибрати найпріоритетніші напрямки для здійснення енергозберігаючої політики та зменшення втрат електроенергії. Наприклад, аналіз електроспоживання підприємств електротехнічної промисловості показав, що найбільш ефективним є проведення заходів з енергозбереження в процесах металообробки та електротермічних процесах. Значні резерви економії електроенергії також пов'язані зі зниженням втрат електроенергії в силових трансформаторах, реакторах, інших електроустановках та електричних мережах промислових підприємств.

Видаткова частина електробалансу повинна бути структурована таким чином, щоб обліку та контролю підлягали лише ті напрями, які можна виміряти або розрахувати за допомогою приладів. Тому видаткова частина, що стосується окремих видів електроспоживання, повинна бути придатною для подальшого аналізу ефективності використання електроенергії на промисловому підприємстві.

Для вирішення проблеми компенсації реактивної потужності, необхідно скласти баланс реактивної потужності. Цей баланс визначається шляхом забезпечення рівності між сумою генерованих реактивних потужностей та сумою споживаних потужностей, з урахуванням втрат реактивної потужності в мережі та інших елементах системи електропостачання промислового підприємства, кВар:

$$Q_r = \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{j=1}^m \Delta Q_j, \quad (8.3)$$

де Q_i – реактивна потужність, споживана i -ми споживачами;

						Арх.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ΔQ_j – втрати реактивної потужності в j -х елементах електропостачання.

Значення реактивної потужності Q_g визначається шляхом урахування реактивної потужності, що генерується енергосистемою в конкретному вузлі навантаження, а також реактивної потужності компенсуючих пристроїв промислового підприємства, таких як синхронні двигуни та конденсаторні установки поперечного вмикання. Приблизно 80% загальної реактивної потужності споживають асинхронні двигуни та силові трансформатори, а решта розподіляється на інші індуктивні пристрої, повітряні електричні мережі та інші компоненти системи.

8.5. Енергетичний менеджмент

Енергоменеджмент — це система управління, яка спрямована на раціональне використання енергії на всіх етапах її життєвого циклу, включаючи виробництво, передачу, розподіл і споживання. Основна мета енергоменеджменту полягає в комплексному оптимізації технічних, економічних і екологічних аспектів, пов'язаних з використанням енергії.

Енергетичний менеджмент включає в себе вимірювання, контроль та аналіз споживання енергії на підприємстві. Він забезпечує встановлення типових нормативів і перевірок, що дозволяють підприємству визначати оптимальну кількість енергії, необхідної для нормального виробництва. Енергетичний менеджмент є інструментом управління, який забезпечує збір і аналіз інформації про споживання енергоресурсів на підприємстві, а також допомагає здійснювати оптимальне використання цих ресурсів як для виробничих, так і для невиробничих потреб.

8.6. Енергетичний аудит

Енергетичний аудит є важливим інструментом для визначення потенціалу енергозбереження на підприємстві. Його основною метою є

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічне обстеження підприємства з метою виявлення можливостей зниження споживання енергії та надання підприємству рекомендацій щодо практичного впровадження енергозберігаючих заходів, а також встановлення системи енергетичного менеджменту на підприємстві.

Основні завдання енергоаудиту включають:

а) Визначення обсягів постачання та споживання енергії на рівні окремих підприємств і в цілому по регіону. Це включає збір і аналіз даних про енергетичний баланс, вимірювання енергетичних параметрів, оцінку ефективності використання енергоресурсів.

б) Визначення можливостей зниження споживання енергії шляхом впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання, поліпшення ефективності його використання. Це включає оцінку потенціалу зменшення енергоспоживання внаслідок застосування енергоефективних заходів.

в) Вивчення можливостей використання вторинних і відновлюваних енергоресурсів із оцінкою їх впливу на енергетичний баланс регіону.

г) Розробка заходів щодо оптимізації використання енергоресурсів на підприємстві.

д) Оцінка екологічних збитків, які можуть виникати внаслідок нових енергоустановок.

є) Аналіз можливості самозабезпечення регіону енергією.

Для проведення енергоаудиту необхідна об'єктивна інформація про виробників та споживачів енергії. Ця інформація повинна включати дані про розташування об'єкта, обсяги виробництва та споживання енергії, установлені потужності агрегатів та їх характеристики. Такий збір і аналіз даних дозволяє отримати повну картину щодо енергетичного стану підприємства і виявити можливості для зниження енергоспоживання та впровадження енергоефективних заходів.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.7. Економічне стимулювання раціонального використання електроенергії на підприємстві

Для ефективного впровадження енергозберігаючих заходів необхідно створити систему економічного стимулювання, яка буде спрямована не лише на енергетиків, а й на конструкторські і технологічні служби для пошуку більш економічних способів використання енергетичного та технологічного обладнання.

Формування системи економічного стимулювання для раціонального використання електроенергії повинно бути розглянуте в контексті раціонального використання електроспоживання та оптимізації навантаження на промислових підприємствах. Раціональне використання електроенергії є ключовим фактором для поліпшення всіх аспектів структури електроспоживання, планування та організації роботи на підприємстві з метою забезпечення економії та ефективного використання електроенергії.

Ущільнення графіків електричного навантаження на промислових підприємствах пов'язане зі зниженням загального споживання електроенергії шляхом обмеження максимального навантаження в певні години. Важливим аспектом є забезпечення зацікавленості промислових підприємств у максимальному використанні електроенергії в періоди зниженого навантаження.

8.8. Заходи енергозбереження в промисловому електроприводі

Удосконалення вибору електродвигунів

Перший напрямок розвитку зосереджений на простій, некерованій масовій системі електроприводу і спрямований на поліпшення процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою забезпечення нормального теплового режиму двигуна під час експлуатації.

Відомо, що у деяких галузях промисловості частота виникнення аварій у електродвигунів коливається від 20 до 60-70% щороку, навіть у

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадку однотипних підприємств або виробництв. Ці показники залишаються високими навіть при загальному зменшенні обсягу виробництва, іноді навіть зростають.

З урахуванням фактора недовантаження електричних машин у нормальному технологічному режимі на 20-25% і зниження продуктивності в 2,5-3 рази, витрати на ремонт двигунів (при наробітку на відмову 4000 годин) практично дорівнюють вартості електроенергії, яку б використав двигун протягом часу між двома ремонтами.

З урахуванням транспортних та інших витрат, пов'язаних з аварійним виходом двигунів з ладу, витрати на ремонт наближаються до витрат на нові заводські машини.

Перехід на енергозберігаючі двигуни і двигуни поліпшеної конструкції

Другий напрямок збільшення економічності масового нерегульованого електроприводу полягає у переході на енергозберігаючі двигуни і поліпшені конструкції двигунів, спеціально призначених для роботи з регульованим електроприводом.

В енергозберігаючих двигунах за рахунок збільшення маси активних матеріалів, таких як залізо і мідь, досягаються підвищені номінальні значення коефіцієнта корисної дії (ККД) і коефіцієнта потужності ($\cos \phi$). Енергозберігаючі двигуни вже застосовуються, наприклад, у США, і демонструють свою ефективність при постійному навантаженні. Однак доцільність використання енергозберігаючих двигунів повинна оцінюватися з урахуванням додаткових витрат. Це пов'язано з тим, що незначне (до 5%) підвищення номінальних значень ККД і $\cos \phi$ досягається шляхом збільшення маси заліза на 30-35%, міді на 20-25%, алюмінію на 10-15%, а загалом ваги двигуна на 25-30% в порівнянні зі звичайними двигунами.

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 8.1 наведені приблизні залежності ККД і $\cos \varphi$ від номінальної потужності для звичайних і енергозберігаючих двигунів виробництва фірми АВВ.

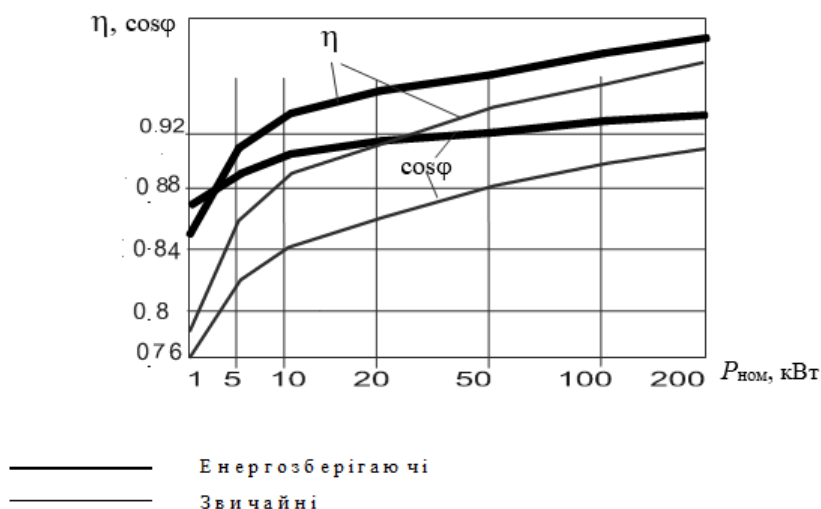


Рис. 8.1 Залежності ККД і $\cos \varphi$ від номінальної потужності для звичайних і енергозберігаючих двигунів фірми АВВ

На сучасному ринку спостерігається зростання випуску електроприводів з синхронними двигунами, які збуджуються за допомогою постійних магнітів. Ці двигуни відомі як безконтактні вентильні двигуни (ВД) постійного струму і мають найкращі показники маси та розмірів серед інших типів двигунів. Окрім цього, серед різних типів двигунів варто відзначити індукторний двигун (Switch Reluctance Motor), який був розроблений і активно пропонується в останні роки. Розробники стверджують, що характеристики цього двигуна значно поліпшені, особливо в поєднанні зі спрощеним силовим перетворювачем, що відкриває перспективи для його масового використання.

Усунення проміжних передач

Третій напрямок спрямований на усунення проміжних передач. Основна проблема полягає в тому, що електрична енергія доступна на фіксованій частоті (50 Гц), тоді як механічна енергія потребує широкого спектру частот (швидкостей). Традиційні методи, розроблені десятиліттями

тому для вирішення цієї проблеми, використовують складні і дорогі системи, такі як регулятори чи механічні передачі.

Підвищення ефективності виконання технологічного процесу

Четвертий напрямок полягає в збереженні електроенергії у технологічних установках і механізмах шляхом підвищення ефективності виконання технологічного процесу. Промислові підприємства прагнуть до покращення ефективності роботи своїх технологічних установок і механізмів. Заходи, спрямовані на збереження електроенергії установками і механізмами шляхом підвищення ефективності виконання технологічного процесу, включають наступні:

- Синхронізація режимів роботи установки під час зміни навантаження;
- Підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) установки;
- Регулювання продуктивності установки;
- Виконання оптимальної циклограми та упорядкування графіка навантажень;
- Забезпечення нормованого завантаження (у випадку підйомних машин, конвеєрів тощо);
- Контроль стану технологічної установки;
- Використання нових видів електроприводу;
- Організаційні заходи.

Вибір раціональних режимів роботи й експлуатації електропривода

П'ятий напрямок полягає у визначенні оптимальних режимів роботи та експлуатації електропривода. Це включає:

- Вибір раціонального методу і діапазону регулювання швидкості електропривода залежно від технологічних умов роботи машин і механізмів.

						Арх.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вибір оптимального методу регулювання швидкості в залежності від характеру зміни навантаження.
- Підвищення завантаження робочих машин.
- Уникнення режиму холостого ходу.
- Зниження напруги на затискачах двигуна.
- Мінімізація струму і енергетичних втрат під час зміни навантаження.
- Оптимізація динамічних режимів.
- Використання синхронної машини для компенсації реактивної потужності.
- Використання енергетичних акумуляторів.

Вивчення технологічного режиму робочих машин є основою для впровадження комплексу заходів, спрямованих на збереження енергії. Це охоплює не лише регулювання швидкості технологічних агрегатів, але й їх управління. Управління включає можливість зміни параметрів технологічного режиму за допомогою різних методів впливу, включаючи прості періодичні запуски та зупинки.

Шостий напрямок енергозбереження відноситься до основних споживачів електричної енергії - електроприводів з нерегульованими асинхронними двигунами. Його суть полягає в розробці спеціальних схемних рішень, що дозволяють мінімізувати негативний вплив на енергетичні показники при відхиленні навантаження від номінального значення.

Спеціальні регулятори напруги, які встановлюються між джерелом живлення та статором двигуна, не лише забезпечують енергозбереження, але також виконують інші функції, такі як керування режимами пуску і гальмування, регулювання швидкості і моменту, забезпечення захисту, діагностики тощо. Це підвищує технічний рівень електроприводу і збільшує його надійність.

При роботі асинхронних двигунів часто виникає недоексплуатація встановленої потужності, неприпустиме завищення їх потужності або

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

недостатнє навантаження. Це призводить до зниження коефіцієнта корисної дії і фактора потужності асинхронних двигунів. Регулювання напруги на статорі асинхронних двигунів при постійній частоті дозволяє досягти найекономічнішого режиму роботи при зміні навантаження. Це допомагає зменшити струм, який споживається асинхронним двигуном, та, отже, енергетичні втрати в ньому.

Регулювання напруги асинхронних двигунів у функції струму знижує втрати електроенергії до 5%, що при широкому застосуванні асинхронних електроприводів дає значний економічний ефект.

Сьомий напрямок енергозбереження полягає у виборі оптимального типу електроприводу для конкретної технологічної установки та переході від нерегульованого електроприводу до регульованого. Цей напрямок включає такі дії:

- Аналіз технологічного процесу, умов експлуатації та розробка технічних вимог до електроприводу.
- Вибір перспективних систем електроприводів, їх техніко-економічне порівняння та вибір оптимального типу електроприводу.
- Розрахунок системи електроприводу, включаючи встановлену потужність та розробку системи керування.
- Розробка конструкторської документації.

Вдосконалення технологічних процесів та автоматизація виробництва пов'язані з використанням регульованого електроприводу. Застосування регульованого електроприводу сприяє досягненню оптимальних режимів роботи механізмів, зниженню собівартості та покращенню якості випускаємої продукції, підвищенню продуктивності праці, ефективному використанню енергії, підвищенню надійності та терміну служби обладнання.

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи отримано наступні результати.

За методом впорядкованих діаграм розраховано електричне навантаження корпусу 90 АТ «Ельворті». Побудовано картограму навантажень і обрано місце розташування ГПП.

На основі техніко-економічного порівняння 2-х варіантів електропостачання корпусу остаточний вибір схеми живлення виконаний по вартості втрат електричної енергії та прийнято схему живлення споживачів корпусу № 90 з встановленням розподільчого пункту за координатами центру електричних навантажень

Проведено дослідження режимів реактивної потужності та вибрані конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності.

В результаті розрахунку струмів короткого замикання обране відповідне високовольтне обладнання.

Прийнято до встановлення комплектні трансформаторні підстанції КТП - 10/0,4 кВ вбудованого типу (внутрішнього встановлення).

У спецрозділі проведена розробка системи електрозбереження корпусу 90 АТ «Ельворті» та організаційно-методичні та технічні заходи по економії електроенергії на підприємстві. Особливу увагу приділено заходам енергозбереження в промисловому електроприводі.

В цілому розроблена система електроспоживання та електрозбереження відповідає умовам надійності та безпеки експлуатації.

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра : метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роб. для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. : П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 80 с.

2. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання : навч. посіб. / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.

3. Електропостачання промислових підприємств: навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. П.Г. Плешков, А.Ю Орлович, А.І. Котиш.

4. Енергетичний інжиніринг та менеджмент. Проектування ефективних енергетичних систем: навч. посіб. / П. Г. Плешков, С. В. Серебренніков, О. І. Сіріков, І. В. Савеленко; ред.: Плешков П. Г. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018.– 156 с.

5. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.]; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.

6. Електричні машини. Трансформатори : метод. рекомен. до виконання лаб. роб. : для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня / [уклад. : Н. Ю. Гарасьова, О. А. Козловський, В. П. Солдатенко] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 98 с.

7. Електричні машини. Проектування асинхронних машин: метод.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вказ. до виконання курс. проекту з навч. дисц. «Електричні машини» для студ. 3 курсу ден. та заочн. форм навч. спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / [уклад.: П. Г. Плешков, Н .Ю. Гарасьова, О. А. Козловський] ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 125 с.

8. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		